

“I SINKHOLES DEL SULCIS-IGLESIENTE” CASI DI STUDIO E RUOLO DELLE AMMINISTRAZIONI PUBBLICHE

CAREDDA GIUSEPPE*, **CINUS SALVATORE****,
FARRIS MAURO**

* Arpa Sardegna

** Regione Autonoma della Sardegna, Servizio della Tutela del Suolo e Politica Forestale

INTRODUZIONE

La consapevolezza del verificarsi di fenomeni ascrivibili a sinkholes in Sardegna è recente, i primi eventi significativi che hanno destato l'attenzione pubblica risalgono al 1999; eventi isolati e minori più remoti risalgono, a memoria uomo, all'inizio del decennio scorso. I settori coinvolti riguardano il Sulcis-Iglesiente nella Sardegna Sud-occidentale ove si osservano diffusi sprofondamenti nei territori in Provincia di Cagliari amministrati dai Comuni di Iglesias, Villamassargia, S.Anna Arresi e Narcao.

1. LOCALIZZAZIONE

Particolare rilevanza per diffusione, imprevedibilità, entità e rischio di pregiudizio alla incolumità di persone ed infrastrutture rivestono le voragini oggetto del presente contributo, ubicate nella Piana del Rio Cixerri compresa fra gli abitati di Iglesias e Villamassargia, in quanto si estendono in prossimità di strutture ferroviarie o stradali, in zone ad elevato insediamento produttivo o presso edifici residenziali (Fogli 564 Sez. I “Carbonia” della Carta Topografica d'Italia IGMI 1:25.000). Alcune presentano criticità elevate anche in ragione della prossimità a luoghi d'intercettazione di falde idriche adibite ad uso acquedottistico, costituendo potenziale veicolo d'inquinamento verso le falde sotterranee.

2. CONTESTO GEOLOGICO

Il settore in esame ricade nella piana del Rio Cixerri od in corrispondenza dei versanti che la delimitano a N ed a S; la larghezza della fascia coinvolta è di circa 3 km orientata NE-SO.

Il settore in esame è caratterizzato da un basamento litoide, sovente affiorante, costituito da rocce cristalline di età paleozoica quali originari sedimenti carbonatici e terrigeni di piattaforma continentale sul quale poggiano litologie di età cenozoica; al di sopra giacciono le coperture continentali terrigene neozoiche, rappresentate da alluvioni oloceniche, pleistoceniche e depositi di versante pleistocenico-olocenici disposti in conoidi e falde.

Il substrato paleozoico è costituito da un'alternanza di rocce di natura scistosa e calcareo-dolomitica appartenenti alla classica successione paleozoica dell'Iglesiente. Le rocce più antiche di età cambriano inf. sono costituite da metasedimenti clastici con intercalari di metacalcari della Formazione di Nebida, sormontata in successione da spessi banchi calcareo-dolomitici con intercalati livelli di quarziti della Formazione di Gonnese, nota anche come Metallifero (Auct.) in quanto sede di importanti mineralizzazioni, seguono in successione argilloscisti, filladi, siltiti ed argilliti calcaree del cambro-

ordoviciano. La sequenza carbonatica appartenente alla formazione di Gonnese, parzialmente affiorante, costituisce il sottosuolo dell'area ed è sede di diffuso carsismo, fattore predisponente al verificarsi dei sinkhole; le litofacies sono rappresentate dolomie, in prevalenza alla base, ed eteropici calcari in prevalenza sommitali, per uno spessore medio complessivo pari a circa 300m.

Alle litologie paleozoiche soprastanno, in discordanza stratigrafica e tettonica, mediante una netta superficie di discontinuità, successioni di arenarie e conglomerati continentali appartenenti alla Formazione del Cixerri di spessore max circa 300 m dell'Eocene medio-superiore - Oligocene. I depositi neozoici di copertura continentale risultano ad elevata estensione areale e particolarmente spessi nelle piane.

2.1. Tettonica ed elementi strutturali

La strutturazione locale del basamento paleozoico deriva dall'orogenesi ercinica che ha prodotto le pieghe con direzione circa E-W e circa N-S, un metamorfismo di basso grado e le deformazioni dei sedimenti di origine cambriana oltre che un diffuso magmatismo i cui prodotti effusivi ed intrusivi costituiscono il basamento igneo di tutta l'isola. In epoca cenozoica questo settore ha subito gli effetti di una tettonica di tipo disgiuntivo caratterizzata da un sistema di faglie parallele con direzioni preferenziali circa E-W che, con rigetti spesso consistenti, hanno scomposto e dislocato l'intera successione litoide in blocchi disponendoli in gradinata a varie quote e configurando una fossa tettonica su cui si è impostata la valle del Rio Cixerri. La stessa successione carbonatica risulta dislocata su q.te differenti con differenze di alcune centinaia di metri fra gli affioramenti nella piana nei dintorni di Villamassargia e gli affioramenti nei pilastri strutturali nei dintorni dell'abitato di Iglesias.

3. ASPETTI MORFOMETRICI E GEOMETRIA DEI SINK HOLES

È in corso di compimento una procedura di censimento e catalogazione dei sinkholes, mediante l'ausilio di appositi Data Form contenenti le informazioni caratterizzanti il fenomeno e riguardanti aspetti geometrico- morfometrici, temporali, localizzativi, di origine e sviluppo.

Le schede seguenti costituiscono uno stralcio dello studio e riguardano gli eventi più significativi e rappresentativi ricadenti all'interno del bacino afferente il Rio Cixerri.

SINKHOLE SERRA ABIS.		
Origine:	Data in cui l'evento fu osservato per la prima volta	2001
Localizzazione:	Posizione geografica: km Est (Gauss-Boaga)	1.462.474,186
	Posizione geografica: km Nord (Gauss-Boaga)	4.353.414,316
	Quota media terreno (m)	178,00
	Comune:	Iglesias (CA)
	Ubicazione:	A nord –est dell'abitato di Iglesias, circa in corrispondenza della destra idraulica del Rio Corongiu
	Presenza di altre voragini nelle immediate vicinanze	Campo di voragini singole e coalescenti
Dati geometrici e morfometrici:	Forma della voragine:	voragine composta formata da più voragini concomitanti
	Dimensioni in pianta (m)	30,00 x 30,00
	Profondità (m)	3,00
	Pendenza delle pareti	verticali
Altri dati:	Presenza d'acqua nella voragine e sua profondità	no
	Tipologia del terreno sulle pareti	Alluvioni ghiaio sabbiose in matrice argillosa con sottostanti litologie carbonatiche
	Visibilità della cavità del sinkhole	In alcune
Circostanze in cui si è verificato il collasso:	Tempo impiegato per il verificarsi del fenomeno	Fenomeno continuo nel tempo, attualmente in evoluzione
	Possibile causa scatenante	Forti precipitazioni
	Presenza di indicatori premonitori del collasso:	No
	Danni a strutture o proprietà a causa del fenomeno:	No
Provvedimenti:	Indagini effettuate:	No
	Sistema di messa in sicurezza adottato – recinzione dell'area/riempimento della voragine:	Recinzione
	Stato di attività:	Attivo
	Intervento futuro previsto/necessità:	Riempimento delle cavità, indagini geognostiche
	Monitoraggio:	no
Caratteristiche del territorio:	Andamento topografico	Pianeggiante
	Uso del suolo	Agricolo-pascolo

SINKHOLE SA STOIA (Medau Olla - zona industriale)		
Origine:	Data in cui l'evento fu osservato per la prima volta	1999
Localizzazione:	Posizione geografica: km Est (Gauss-Boaga)	1.464.342,345
	Posizione geografica: km Nord (Gauss-Boaga)	4.349.105,459
	Quota terreno (m)	118,31
	Comune:	Iglesias
	Ubicazione:	Prossimità alla SP Iglesias-Villamassargia e ad abitazioni rurali – estremità sud-est zona industriale Iglesias
	Presenza di altre voragini nelle immediate vicinanze	Campo di voragini; nell'intorno sono presenti altre 3 voragini, del diametro variabile tra circa 8,00 m e 10,00 m, profondità media 10 m
Dati geometrici e morfometrici:	Forma della voragine:	ellittica
	Dimensioni in pianta	6,00 x 4,00
	Profondità (m)	2,00 (attuale, dopo riempimento)
	Pendenza delle pareti	Sub-verticali
Altri dati:	Presenza d'acqua nella voragine e sua profondità	no
	Tipologia del terreno sulle pareti	Alluvionale ghiaio-sabbioso
	Visibilità della cavità del sink hole	no
Circostanze in cui si è verificato il collasso:	Tempo impiegato per il verificarsi del fenomeno	istantaneo
	Possibile causa scatenante	Precipitazioni intense, vibrazioni automezzi pesanti, elevato emungimento della falda
	Presenza di indicatori premonitori del collasso	Depressioni topografiche
	Danni a strutture o proprietà a causa del fenomeno:	L'abitazione prossima alla voragine è rimasta a margine dell'evento e non è stata danneggiata. Nell'area della voragine è presente anche una tubazione d'acquedotto da 300 mm di diametro
Provvedimenti:	Indagini effettuate	3 profili sismici paralleli tra loro, distanti circa 20 m l'uno dall'altro
	Sistema di messa in sicurezza adottato – recinzione dell'area/riempimento della voragine:	La voragine è stata riempita mediante materiale a granulometria maggiore verso il fondo della voragine e minore verso la superficie
	Stato di attività:	Attivo, presenza di depressione indicante la riattivazione della voragine

segue

segue

SINKHOLE SA STOIA (Medau Olla - zona industriale)		
	Intervento futuro previsto:/necessità	Monitoraggio della voragine - Colmata
	Monitoraggio	assente
Caratteristiche del territorio:	Andamento topografico	pianeggiante
	Uso del suolo	Si tratta di un area agricola in prossimità della zona industriale, con presenza di edifici immediatamente a ridosso ad una delle voragini verificatesi

SINKHOLE MONTE OLLASTUS		
Origine:	Data in cui l'evento fu osservato per la prima volta	2001
Localizzazione:	Posizione geografica: km Est (Gauss-Boaga)	1.467.201,065
	Posizione geografica: km Nord (Gauss-Boaga)	4.346.862,508
	Quota terreno (m)	125,00
	Comune:	Villamassargia (CA)
	Ubicazione:	Parco di Monte Ollastus a sud ovest dell'abitato di Villamassargia
	Presenza di altre voragini nelle immediate vicinanze	Campo di voragini singole e coalescenti; è presente una voragine già colmata in fase di ripresa. È presente anche una voragine del diametro di circa 10,00 m ,forma sub-ellittica e profondità di circa 3,00 m, al cui interno è ricresciuta la vegetazione.
Dati geometrici e morfometrici:	Forma della voragine:	voragine composta, con la coalescenza di molteplici sprofondamenti
	Dimensioni in pianta (m)	Circa 20,00 x 20,00
	Profondità (m)	Variabile tra 2,00 e 15,00
	Pendenza delle pareti	> 100 % su tutte le pareti, con andamento verticale in alcuni tratti
Altri dati:	Presenza d'acqua nella voragine e sua profondità	Emergenze modestissime alla base di alcune scarpate
	Tipologia del terreno sulle pareti	Alluvioni ghiaiose in matrice argillosa con sottostanti arenarie soprastanti litologie carbonatiche (calcari e dolomie)

segue

segue

SINKHOLE MONTE OLLASTUS		
	Visibilità della cavità del sinkhole	In corrispondenza della porzione più depressa del fondo della voragine, con apertura visibile di circa 50 cm
Circostanze in cui si è verificato il collasso:	Tempo impiegato per il verificarsi del fenomeno	Fenomeno continuo nel tempo, attualmente in evoluzione
	Possibile causa scatenante	Intense precipitazioni, elevato emungimento idrico, passaggio di mezzi agricoli pesanti
	Presenza di indicatori premonitori del collasso	Rilassamenti tipografici e fratture del terreno
Provvedimenti:	Danni a strutture o proprietà a causa del fenomeno: Indagini effettuate:	Nessuno Indagini sismiche a rifrazione, geoelettriche e carotaggi
	Sistema di messa in sicurezza adottato – recinzione dell'area/riempimento della voragine:	Recinzione dell'area e posizionamento di cartellonistica di segnalazione del pericolo
	Stato di attività:	Il sinkhole si mostra attivo, con presenza di altre piccole voragini coalescenti periferiche verso le quali arretra il ciglio della scarpata della voragine principale per franamenti
	Intervento futuro previsto/necessità:	Monitoraggio ed adeguamento dell'area recintata a tutte le nuove aree dissestate. Approfondimento delle indagini sulle condizioni locali del sottosuolo
	Monitoraggio:	No
Caratteristiche del territorio:	Andamento topografico	Sub-pianeggiante
	Uso del suolo	Pascolo – incolto

SINKHOLE GUARDIA SU MERTI		
Origine:	Data in cui l'evento fu osservato per la prima volta	1999
Localizzazione:	Posizione geografica: km Est (Gauss-Boaga)	1.464.432,845
	Posizione geografica: km Nord (Gauss-Boaga)	4.349.983,127
	Quota terreno (m)	134,58
	Comune:	Iglesias
	Ubicazione	Compresa tra la zona industriale e la zona residenziale a sud est dell'abitato di Iglesias, in prossimità della linea ferroviaria Iglesias - Decimomannu
	Presenza di altre voragini nelle immediate vicinanze	La voragine più vicina dista circa 100 m e si è verificata primi anni 90, ha un diametro di circa 3,00 m ed è profonda circa 3,50 m. Attualmente risulta ricoperta da vegetazione arborea.
Dati geometrici e morfometrici:	Forma della voragine:	circolare
	Dimensioni in pianta (m)	Diametro 35 m
	Profondità (m)	12,00
	Pendenza delle pareti	verticali
Altri dati:	Presenza d'acqua nella voragine e sua profondità Tipologia del terreno sulle pareti	Sì, circa 20 cm Alluvioni ghiaio sabbiose in matrice argillosa con sottostanti arenarie soprastanti litologie carbonatiche (calcari e dolomie)
	Visibilità della cavità del sink hole	no
Circostanze in cui si è verificato il collasso:	Tempo impiegato per il verificarsi del fenomeno	Istantaneo
	Possibile causa scatenante	Precipitazioni intense, elevato emungimento idrico, vibrazioni causate dalla linea ferroviaria – passaggio di mezzi agricoli pesanti
	Presenza di indicatori premonitori del collasso	no
	Danni a strutture o proprietà a causa del fenomeno:	Cedimento di una area agricola adibita a seminativo
Provvedimenti:	Indagini effettuate	4 profili sismici circa paralleli alla giacitura della linea ferroviaria, di cui due posizionati tra linea ferroviaria e voragini
	Sistema di messa in sicurezza adottato – recinzione dell'area/riempimento della voragine:	Recinzione e cartellonistica di sicurezza

segue

segue

SINKHOLE GUARDIA SU MERTI		
	Stato di attività:	Non si riscontrano segni di ulteriore attività
	Intervento futuro previsto/necessità:	Sono necessarie ulteriori indagini, dato il pericolo potenziale per la linea ferroviaria Iglesias –Decimomannu-Cagliari distante alcune decine di metri e la prossimità della voragine ad un'area residenziale
	Monitoraggio:	no
Caratteristiche del territorio:	Andamento topografico	Pianeggiante
	Uso del suolo	Area agricola adibita a seminativo

La distribuzione dei sinkhole interessa un territorio esteso circa 18 kmq di forma subrettangolare con lato maggiore in direzione circa NW-SE, in accordo con i lineamenti strutturali regionali e locali.

Le q.te di terreno variano da circa 100 m s.l.m. in corrispondenza della piana e circa 180 m in area pedemontana; la distribuzione non è uniforme ma presenta localizzate concentrazioni; le forme più frequenti in pianta sono quella sub-circolare, sub-ellittica od irregolare, quest'ultima deriva da più voragini coalescenti che evolvono intercettandosi vicendevolmente; i diametri raggiungono anche alcune decine di metri, la sezione verticale mostra sviluppi in altezza molto variabili anche in rapporto al diametro, da alcuni m a max circa 20 m, le forme tridimensionali più comuni risultano a piatto con depositi di riempimento alla base.

4. MECCANISMO DI FORMAZIONE DEI SINKHOLE

I sinkholes in oggetto derivano un graduale sprofondamento e ribassamento orografico (di tipo subsidenziale) della superficie per veicolazione di materiale incoerente o scarsamente diagenizzato o litoide alterato all'interno di vuoti creati dalla dissoluzione di rocce carbonatiche presenti nel sottosuolo.

Le voragini in oggetto, presentano meccanismi di formazione ancora in corso di accertamento; i fattori predisponenti da porre all'origine delle voragini sono sia il substrato litoide cambrico profondo di natura calcareo-dolomitico, già soggetto a formazione di strutture carsiche di superficie minori (fori a sezione subcircolare e sviluppo pseudoverticale fusiforme) o di rilievo quali i crepacci, sia la circolazione delle acque sotterranee profonde e di falda freatica, interposte fra basamento litoide e copertura alluvionale; i fattori scatenanti presunti sono sia l'alterazione della dinamica delle falde sotterranee, ovvero l'abbassamento del livello piezometrico di falda per emungimento eccessivo, sia elevati regimi pluviometrici; non sono da escludere concause antropiche scatenanti quali le fonti di vibrazione in corrispondenza di importanti infrastrutture viarie o ferroviarie.

I meccanismi di origine e sviluppo riconosciuti nei fenomeni in oggetto sono, verosimilmente, da ricondurre a due precise dinamiche di subsidenza indotta localizzata o puntuale:

- 1) la prima deriva dal presupposto che acque sotterranee in pressione provvedano ad esercitare una spinta di sostegno alle volte delle cavità carsiche prossime alla superficie o una spinta idrostatica di contenimento nei livelli acquiferi incoerenti alluvionali soprastanti le litologie carbonatiche, il cui venir meno a seguito di operazioni di emungimento idrico dal sottosuolo (assai eccessivo nell'area), con conseguente abbassamento del livello piezometrico o del livello freatico, comporta crollo per perdita di equilibrio statico e ripercussione dei vuoti verso l'alto per compensazione; ascrivibili a questa tipologia di fenomeno sono alcune voragini in loc. Cuc.ru Tiria-Corongiu de Mari.
- 2) la seconda, più complessa ed articolata, prevede una lenta erosione operata dalle acque di falda idrica superficiale nei confronti della roccia alterata e delle porzioni clastiche appartenenti alla copertura che, asportate, vengono convogliate verso le aperture carsiche, determinando, circa in corrispondenza di queste, progressivi ampliamenti verticali (erosione inversa) ed orizzontali di vuoti sotterranei, fino al superamento della capacità di autocontenimento delle volte formatesi, perdita di sostegno statico e conseguente crollo con ripercussione verso la superficie. Questo fenomeno risulta verificarsi preferenzialmente in corrispondenza delle stagioni piovose quando le acque meteoriche incrementano le falde freatiche localizzate in corrispondenza della interfaccia basamento roccioso/copertura incoerente, impongono una forte pressione idrostatica e si determina una elevata circolazione sotterranea che drena verso le cavità carsiche; circolazione che viene accentuata dai numerosi punti di prelievo della falda freatica. Ascrivibili a questa tipologia sono la gran parte delle voragini presenti in loc. M.te Ollastu, Pizzu Azzimus-Medau Olla, Caput Acguas, Su Merti-ZIR, quelle ricadenti in Comune di Narcao ed al limite amministrativo del territorio di S.Anna Arresi confinante con quello Teulada (Loc. Gutturu Saidu).

È opinione che questo meccanismo venga accentuato o avviato dall'elevato emungimento delle acque sotterranee.

La distribuzione di litologie carbonatiche è continua ed estesa nel sottosuolo dell'area in esame; i circuiti idrici in essa sviluppatasi sono interconnessi con i settori attigui a N ed a S ove le assise carbonatiche affiorano in rilievi dalle q.te di alcune centinaia di metri determinando un elevato carico idrostatico per dislivello nelle falde profonde di valle. In corrispondenza dei siti specifici, le falde profonde, che in condizioni naturali, attraverso condotti carsici, risultano interconnesse ed in equilibrio con le falde freatiche superficiali localizzate in corrispondenza dell'interfaccia basamento litoide-copertura continentale, subendo l'emungimento spinto, perdono di pressione con abbassamento del livello piezometrico e conseguente richiamo delle acque di falda superficiale, le quali si introducono nei condotti carsici operando contestualmente drenaggio ed asportazione delle frazioni litoidi appartenenti alla porzione alterata delle litologie di letto. Il materiale roccioso viene di conseguenza dilavato e veicolato ad opera di acque sotterranee che asportando porzioni sempre più ampie, determinano in corrispondenza del vuoto di cattura carsico (es. foro) un vuoto cupoliforme od una cavità sotterranea in progressivo ampliamento ed in critiche condizioni di equilibrio specialmente durante le stagioni piovose, fino al collasso della volta per disequilibrio gravifico e contestuale formazione della voragine per compensazione verso l'alto con ripercussione del vuoto in superficie. In questo meccanismo gioca un ruolo significativo la velocità di circolazione delle acque di falda superficiale che in parte è imputabile anche all'emungimento da pozzi freatici.

Nell'Iglesiente occidentale sono conosciuti fenomeni di sinkhole riconducibili a compensazioni in superficie di vuoti profondi da attività mineraria, dato il complesso carattere evolutivo e pre-disponente, differente da quello oggetto della presente nota, non si è ritenuto di trattarne approfonditamente in questa sede ma è comunque opportuno riferirne brevemente data l'entità del fenomeno e coinvolgimento di infrastrutture varie. A ridosso dei versanti esposti ad

W del M.te S. Giorgio, in località Miniera di Acquaresi, Comune di Iglesias, la presenza di ampi vuoti da attività estrattiva in sottosuolo alla profondità di 200 m circa ha comportato causa predisponente per il verificarsi di improvvisi e vasti sinkhole in superficie per colmata gravitativa spontanea dei vuoti di coltivazione dovuta a cedimento e crollo delle pareti delimitanti i medesimi; il fenomeno ha prodotto più voragini ad andamento in pianta sub-circolare del diametro di alcune decine di metri con intercettazione della superficie in corrispondenza della arteria viaria provinciale per la frazione di Buggerru. La causa scatenante potrebbe individuarsi nelle oscillazioni di livelli di falda sotterranea e nella sua azione di riduzione delle qualità geomeccaniche indotta sulle litologie costituenti i fianchi dei vuoti minerari (softening).

5. RUOLO DELL'AMMINISTRAZIONE PUBBLICA

Per l'emergenza voragini e la gestione del problema, l'Assessorato regionale della Difesa dell'Ambiente, con Determinazione del Direttore Generale, ha disposto nel nov. 2000 un finanziamento pari a € 516.456,89, delegando, quale soggetto attuatore degli interventi, il Consorzio di Bonifica del Cixerri per l'esecuzione di "INDAGINI, MONITORAGGIO E INTERVENTI URGENTI DI MESSA IN SICUREZZA GEOSTATICA DELLE VORAGINI", volto a redigere gli studi inerenti le cause che hanno provocato gli sprofondamenti ed i collassi puntuali del terreno, loro evoluzione, ed i provvedimenti da assumere per la messa in sicurezza a protezione della pubblica incolumità.

L'atto di erogazione si inquadra nell'ambito del Programma di interventi per la Difesa del suolo di cui al D.P.R. del 27 Luglio 1999 recante "Ripartizione dei fondi finalizzati al finanziamento degli interventi in materia di difesa del suolo per il quadriennio 1998-2001", col quale è stata attribuita alla Regione Sardegna per il quadriennio 98-01 la somma complessiva di £ 86.604.000.000 (di cui £5.460.000.000 per il 1998, £ 21.296.000.000 per il 1999, £ 30.361.000.000 per il 2000 e £29.487.000.000 per il 2001) destinata al finanziamento del programma interventi per la difesa del suolo. Al D.P.R. di cui sopra hanno fatto seguito atti deliberativi della Giunta regionale con i quali sono stati individuati gli Assessorati regionali incaricati della gestione dei finanziamenti, è stata affidata l'attuazione degli interventi attraverso provvedimenti di delega ad individuati Enti beneficiari, sono state rimodulate le somme finanziate dallo stato e sono stati destinati i fondi al finanziamento degli interventi in materia di Difesa del suolo di cui alla Legge n. 183/89.

Il provvedimento di delega al Consorzio di Bonifica del Cixerri per l'attuazione degli interventi concernenti INDAGINI, MONITORAGGIO E INTERVENTI URGENTI DI MESSA IN SICUREZZA GEOSTATICA DELLE VORAGINI è regolato da un apposito strumento normativo regionale la Legge Regionale n.24 del 22 Aprile 1987 e succ. mod.ed int. i cui contenuti disciplinano e vincolano la gestione del finanziamento, le modalità di approvazione e di esecuzione dei lavori e delle opere.

I disposti della citata Legge Regionale recante "Norme di semplificazione e snellimento delle procedure e disposizioni varie in materia di lavori pubblici", in particolare disciplinano le procedure di attuazione delle opere pubbliche finanziate, anche parzialmente, dalla Regione e di competenza dell'Amministrazione regionale e degli enti amministrativi, fissano le norme di approvazione dei progetti delle opere pubbliche comunque finanziate, affermano che l'attuazione dei programmi regionali di opere pubbliche di interesse degli Enti comprese quelle finanziate con alcune leggi regionali sono delegate agli enti attuatori i quali avvalendosi anche, ove occorra, di tecnici esterni incaricati con apposita convenzione, curano la progettazione, l'appalto e l'esecuzione dei lavori, nominano il direttore dei lavori e, se prescritto ed opportuno l'ingegnere capo. La stessa legge regola le modalità con le quali la Regione Sardegna affida in concessione la realizzazione di opere pubbliche di particolare rilevanza tecnico-economica ad altri enti pubblici, a società a totale o prevalente capitale pubblico, ad imprese o consorzi di imprese pubbliche o private.

Il Consorzio di Bonifica del Cixerri ha provveduto a:

- eseguire il riempimento di alcune voragini operando il filtro rovescio con pietrame misto di cava di natura calcarea basaltica o granitica ovvero scapoli del peso singolo da 5 a 50 Kg, provvedendo tempestivamente in occasione della formazione di una voragine in loc. Caput Aquas (diametro m. 12 profondità m. 3,8) ad allontanare il rischio di inquinamento di falde sotterranee adibite ad uso acquedottistico creatosi a seguito della impostazione della voragine in corrispondenza del canale denominato Rio Spurgo contenente liquami provenienti dall'abitato di Iglesias;
 - recintare le voragini ed i siti con evidenze di subsidenza; apposizione di cartellonistica di segnalazione;
 - affidare incarichi professionali per lo studio del fenomeno;
 - affidare indagini geofisiche quali sismica a rifrazione, misure di velocità in foro e tomografie, per la definizione della distribuzione ed andamento dei litotipi nel sottosuolo, loro caratteristiche strutturali e geomeccaniche, indagini elettromagnetiche (VLF) per la definizione delle zone di discontinuità strutturale;
 - affidare indagini geognostiche a mezzo di carotaggi continui e sondaggi a distruzione di nucleo con profondità medie raggiunte di -40 m dal p.c. per la verifica diretta della stratigrafia e per l'individuazione delle cavità e vuoti carsici;
 - affidare censimento e classificazione dei punti d'acqua e delle cavità ipogee;
 - eseguire analisi chimiche delle acque e mineralogiche di alcune litologie (X-Ray Diffraction);
- I Risultati raggiunti:

lo studio risultante, compatibilmente con l'entità delle risorse disponibili, ha contribuito alla definizione degli aspetti genetico-evolutivi del fenomeno esposti, ha sviluppato i principali tematismi idro-geo-morfologici, strutturali e di uso del suolo, in riferimento ai criteri dettati dal D.P.M. del 29.09.1998 ha delimitato i perimetri di aree potenzialmente a rischio per la formazione di voragini, ha definito in 19 aree il rischio geostatico valutandolo di grado elevato per persone insediamenti ed infrastrutture esistenti o da realizzare, ha individuato i settori ove intervenire ulteriormente per definire l'esatta configurazione del sottosuolo, per giungere ad una miglior stima del grado di rischio e degli interventi indispensabili per garantire l'uso del territorio in sicurezza, inoltre paventando il potenziale rischio seppure con diverso grado di formazione di nuove voragini ha richiamato il ricorso all'adozione delle necessarie misure di salvaguardia, prevenzione ed all'imposizione di vincoli all'utilizzazione territoriale, subordinando a previe indagini ed accertamenti nel sottosuolo la fattibilità degli interventi.

Altri strumenti adottati dall'amministrazione centrale regionale per fronteggiare l'insorgenza improvvisa del dissesto si avvalgono di appositi capitoli di spesa per interventi di prevenzione e per le opere di somma urgenza con il coinvolgimento di Servizi regionali attuatori; la procedura, che garantisce tempi brevi di intervento e di messa in sicurezza, si avvale dei disposti di cui agli artt. 146 e 147 del Decreto del Presidente della Repubblica 21 dicembre 1999 n. 554 - Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 3 della legge 11 febbraio 1994, N.109, i quali più specificamente recitano:

Art. 146 (Lavori d'urgenza) - 1. Nei casi in cui l'esecuzione dei lavori in economia è determinata dalla necessità di provvedere d'urgenza, questa deve risultare da un verbale, in cui sono indicati i motivi dello stato di urgenza, le cause che lo hanno provocato e i lavori necessari per rimuoverlo. 2. Il verbale è compilato dal responsabile del procedimento o da tecnico all'uopo incaricato. Il verbale è trasmesso con una perizia estimativa alla stazione appaltante per la copertura della spesa e l'autorizzazione dei lavori.

Art. 147 (Provvedimenti in casi di somma urgenza) - 1. In circostanze di somma urgenza che non consentono alcun indugio, il soggetto fra il responsabile del procedimento e il tecnico che si reca prima sul luogo, può disporre, contemporaneamente alla redazione del verbale di cui all'articolo 146, la immediata esecuzione dei lavori entro il limite di 200.000 Euro o comunque di quanto indispensabile per rimuovere lo stato di pregiudizio alla pubblica incolumità. 2. L'esecuzione dei lavori di somma urgenza può essere affidata in forma diretta ad una o più imprese individuate dal responsabile del procedimento o dal tecnico, da questi incaricato. 3. ...omiss.. 4. Il responsabile del procedimento o il tecnico incaricato compila entro dieci giorni dall'ordine di esecuzione dei lavori una perizia giustificativa degli stessi e la trasmette, unitamente al verbale di somma urgenza, alla stazione appaltante che provvede alla copertura della spesa e alla approvazione dei lavori.

Sviluppi futuri:

L'estensione, la localizzazione e le caratteristiche del fenomeno comportano impegni economici sostenibili solo attraverso la partecipazioni congiunta fra Amministrazioni ed Enti competenti volta alla promozione di studi e indagini di completamento sulla genesi ed evoluzione del fenomeno per la perimetrazione di tutte le aree a rischio potenziale (propedeutiche per la stesura dei piani territoriali), per le attività di messa in sicurezza geostatica e per la prevenzione del rischio di contaminazione od inquinamento delle falde sotterranee.

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO ESSENZIALE:

CARMIGNANI L., COCOZZA T., GANDIN A. & PERTUSATI P.C. (1982) – Linamenti della geologia dell'Iglesiente-Sulcis. Guida alla geologia del Paleozoico sardo. Guide geologiche regionali. Soc.Geol.It., 65-77

CHERCHI A., MONTADERT L. (1982) - Il sistema di rifting oligo-miocenico del mediterraneo occ. e sue conseguenze paleogeografiche sul territorio sardo. Mem. Soc. Geol. It., vol. 24, pp. 387-400, 8 ff. Roma.

COCOZZA T. (1972) - Schema stratigrafico strutturale della sardegna. G.E.C. Roma.

COCOZZA T., SCHAFFER K. (1974) - Cenozoic graben tectonics in Sardinia. Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari, suppl. vol. 43, pp. 145-162, 7 ff.

GISOTTI G., ZARLENGA F. (2004) – Geologia Ambientale.

SITO INTERNET DEL "FLORIDA – DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION":
<http://www.dep.state.fl.us/geology/forms/sinkholereport.form.htm>



Foto 1 - Sinkhole Monte Ollastu . La voragine è del tipo composita, con la coalescenza di molteplici sprofondamenti



Foto 2 - Sinkhole Monte Ollastu. Particolare della scarpata esposta a Sud; si osserva la successione stratigrafica, ed in particolare le alluvioni ghiaio sabbiose in matrice argillosa di copertura, con sottostanti arenarie, seguite da litologie carbonatiche (calcareo dolomitiche). La freccia evidenzia la cavità di fondo del sinkhole.



Foto 3 - Sinkhole Monte Ollastu. Particolare della foto 2. La freccia evidenzia la cavità di fondo del sinkhole.